УДК 622.232.72

ИССЛЕДОВАНИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ УПРУГИХ ВОЛН В КОЛОННЕ БУРОВЫХ ШТАНГ ПРИ УДАРНО-ВРАЩАТЕЛЬНОМ БУРЕНИИ СКВАЖИН В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

Л.А. Саруев, А.В. Шадрина

Томский политехнический университет
E-mail: avshadrina@rambler.ru

Проведен анализ результатов передачи энергии силового (ударного) импульса по колоннам буровых штанг ниппельного и муфтового соединений в лабораторных условиях. Установлено относительное изменение амплитуды, длительности и энергии силового импульса при его распространении по буровому инструменту.

В горнорудной промышленности все более широкое и эффективное применение находят подземные скважины малого диаметра. Без четкого представления волновых процессов в колонне буровых штанг невозможно проводить научно обоснованное совершенствование техники бурения скважин малого диаметра ударно-вращательным способом. Формируемая бойком при упругом ударе продольная волна деформации переносит разрушающую энергию к обрабатываемой среде. При распространении волны деформации по буровым штангам и прохождении ее через соединения форма волны изменяется (трансформируется), а энергия рассеивается. Вследствие этого необходим поиск средств и способов формирования в буровом инструменте продольных волн, которые позволяли бы передавать по инструменту без его разрушения энергию силового импульса с минимальными потерями. В противном случае ударный узел может стать «дробилкой» бурового инструмента, а не горной породы.

Большой вклад в решение проблемы повышения эффективности передачи энергии силовых импульсов по составным упругим волноводам, что и представляют собой колонны бурильных труб (штанг), внесли работы О.Д. Алимова, Е.В. Александрова, А.И Белова, В.Ф. Горбунова, Л.Т. Дворникова, К.И. Иванова, Г.М. Кашкарова, В.К. Манжосова, Н.Ф. Медведева, А.П. Слистина, В.И. Чирьева, И.Г. Шелковникова и других исследователей [1–4]. Однако стоит отметить, что некоторые вопросы, связанные с разработкой способов и путей повышения эффективности передачи силовых импульсов: теоретическое обоснование и выбор параметров бурильных труб, изучены недостаточно полно, а также нет единого представления о количественных потерях энергии импульса при прохождении через соединение штанг.

Изучение динамики става буровых штанг в процессе нагружения ударом и изменения параметров ударного импульса при распространении его от хвостовика к коронке проводилось на стенде, рис. 1. Стенд состоит из несущей фермы – 1, на которой установлены бетонные блоки – 2 размером 500×500×500 мм со сквозными отверстиями диаметром 42, 56 и 70 мм, которые имитировали три параллельные искусственные скважины глубиной до 39 м. Осевое усилие подачи бурового инструмента – 3 задавалось (от 0 до 12 кН) поршневым пневмоподатчиком – 4, который обеспечивал скорость подачи до 10 м/мин. Нагружение продольным ударом осуществлялось маятниковым копром – 5, а крутящий момент создавался рычагом с закрепленным на нем грузом (на рис. не показано).

Бурение производилось по гранитному блоку – 6 (крепостью f=14...16 по шкале проф. М.М. Протодьяконова), закрепленному винтовым домкратом – 7. Для одиночных ударов использовались бойки, параметры которых приведены в таблице. Выбор параметров бойков производился с таким расчетом, чтобы можно было оценить влияние длины и диаметра бойка на эффективность передачи энергии импульса и амплитуду сформированных импульсов.

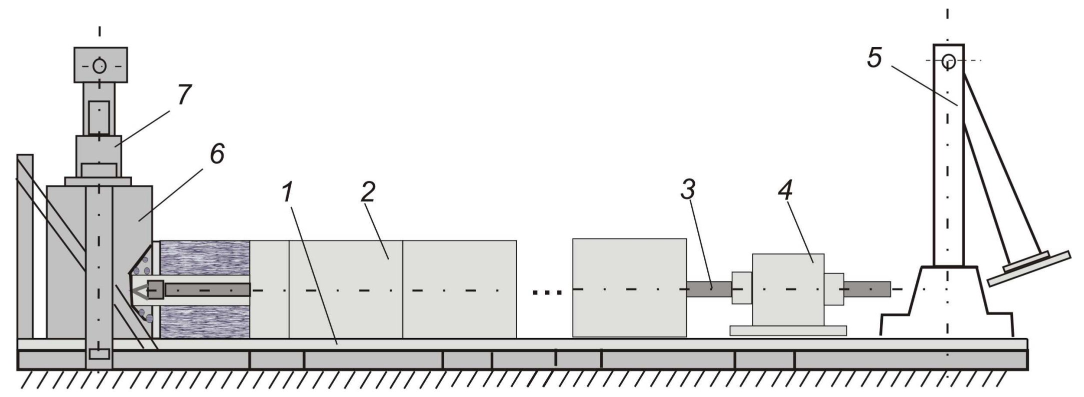


Рис. 1. *Стенд для исследования передачи энергии ударных импульсов по ставу штанг*

Для анализа влияния конструкции колонны буровых штанг на изменение амплитуды, длительности и энергии силового импульса использовали: штанги диаметром 33,5 мм, соединенные ниппелями, а также штанги диаметром 32 и 40 мм, соединенные муфтами. При испытаниях став штанг помещался в искусственную скважину длиной 39 м, изготовленную из бетонных блоков. Проволочные тензодатчики наклеивались на одну штангу, которая поочередно устанавливалась в равномерно удаленных друг от друга пяти точках става. После каждого удара бойка став штанг нагружался строго постоянным крутящим моментом: 367 и 265 Н·м для ставов с муфтовыми и ниппельными соединениями соответственно.

Таблица. *Параметры бойков*

Диаметр $\varnothing_б$, мм	34	34	48	70	74	75
Длина $l_б$, мм	330	700	450	309	255	450
Масса $m_б$, кг	2,4	5	6,4	7,4	8,15	15,45

На рис. 2, 3 приведены результаты исследований относительного изменения амплитуды, энергии и длительности силовых импульсов по мере передачи их вдоль става штанг с ниппельными и муфтовыми соединениями.

При передаче силовых импульсов по ставу штанг с ниппельными соединениями более интенсивное снижение амплитуды и энергии импульсов происходит на первых 9 м става. При увеличении предударной скорости бойков $v_{уд}$ с 5 до 7 м/с наблюдается несколько большее снижение амплитуды (у 5 бойков из 6) и энергии импульсов (у 4 бойков из 6). Следует отметить, что потери энергии импульсов на внутреннее трение весьма незначительны.

Из рис. 2 видно, что при соединении штанг ниппелями, полностью скрытыми внутри штанг, потери энергии ударных импульсов, сформированных различными бойками, изменяются на глубине скважины 36 м в пределах 25...30 % от первоначальной величины. Увеличение длительности ударных импульсов при передаче их по ниппельному ставу значительно ниже, чем у муфтовых, и не превышает 12 %.

Наибольшее увеличение длительности импульсов наблюдалось при передаче их по ставу штанг диаметром 40 мм (от 30 до 60 %). Коэффициент передачи ударных импульсов по данному ставу существенно изменялся в зависимости от массы и конструктивных параметров бойка. Максимальный коэффициент передачи энергии импульсов на глубине скважины 36 м обеспечивается при формировании их бойком длиной 450 мм и диаметром 75 мм, т. е. самым тяжелым из принятых для эксперимента бойков. При предударной скорости бойка 7 м/с коэффициент передачи энергии составил около 81 %, а при предударной скорости 5 м/с – 74 %. Минимальный коэффициент передачи энергии и амплитуды импульсов отмечен при нанесении ударов самым легким бойком ($l_б$=330 мм, $\varnothing_б$=34 мм, $m_б$=2,4 кг). Так, энергия импульса на длине става 36 м, т. е. после прохождения через 35 муфтовых соединений, составляет всего 34...36 % от энергии ударного импульса, зафиксированной в 1,5 м от начала става штанг. Амплитуда импульса в этом случае снижается до 45 % от первоначальной. Поршень бурильной машины БУ-70У ($\varnothing_б$=70 мм) формирует силовой импульс, энергия которого на 36 м става теряется наполовину. Энергия ударных импульсов, сформированных в данном ставе штанг другими бойками, на той же длине составляет от 50 до 60 % первоначального значения.

Самый тяжелый боек из 6 бойков, принятых к проведению экспериментов, показывает примерно равный коэффициент передачи для муфтового и ниппельного става штанг.

Отсутствие преимущества ниппельных соединений штанг в этом случае можно объяснить высокими удельными нагрузками в ниппельном соединении. Предельной величины деформации става штанг с ниппельными соединениями неизбежно включают определенный процент неупругой составляющей, что вызывает характерные для вязкого трения потери энергии силовых импульсов, сформированных мощным бойком. В этом случае общие потери энергии при прохождении импульсов через ниппельные соединения могут быть равными и даже выше, чем в муфтовом соединении.

Для оценки эффективности ниппельного става штанг были проведены испытания в производственных условиях на Хайдарканском ртутном месторождении (Кыргызстан). Став штанг с наружным диаметром 33,5 мм изготавливался из стандартных бурильных труб, в которых после высадки концов штанг вовнутрь на длину 100 мм нарезалась резьба круглого профиля с шагом 12 мм. С хвостовиком ударно-вращательного механизма штанги соединялись ниппелем, а с буровыми коронками – специальным переходником. На шахте «Новая» ниппельным ставом было пробурено 925 м разведочных скважин диаметром от 40 до 56 мм в крепких породах глубиной более 50 м. Если ставом штанг с муфтами невозможно было бурить нисходящие скважины из-за неудовлетворительной очистки и зашламовывания скважин буровой мелочью, то при использовании ниппельного става такой проблемы не возникало.

На Лениногорском полиметаллическом комбинате (Казахстан) также успешно прошли производственные испытания ниппельного става из бурильных труб диаметром 42 мм. Механическая скорость бурения при использовании става с ниппельным соединением была до 50 % выше, чем при муфтовом. Кроме того обеспечивалась лучшая по сравнению с муфтовыми соединениями промывка нисходящих скважин.

Ниппельный став штанг, на наш взгляд, может быть применен как для вращательного бурения подземных скважин малого диаметра на глубину до 100 м, например, станком БЖ45-100Э, который изготавливает АО «Анжерский машзавод» (Кемеров-

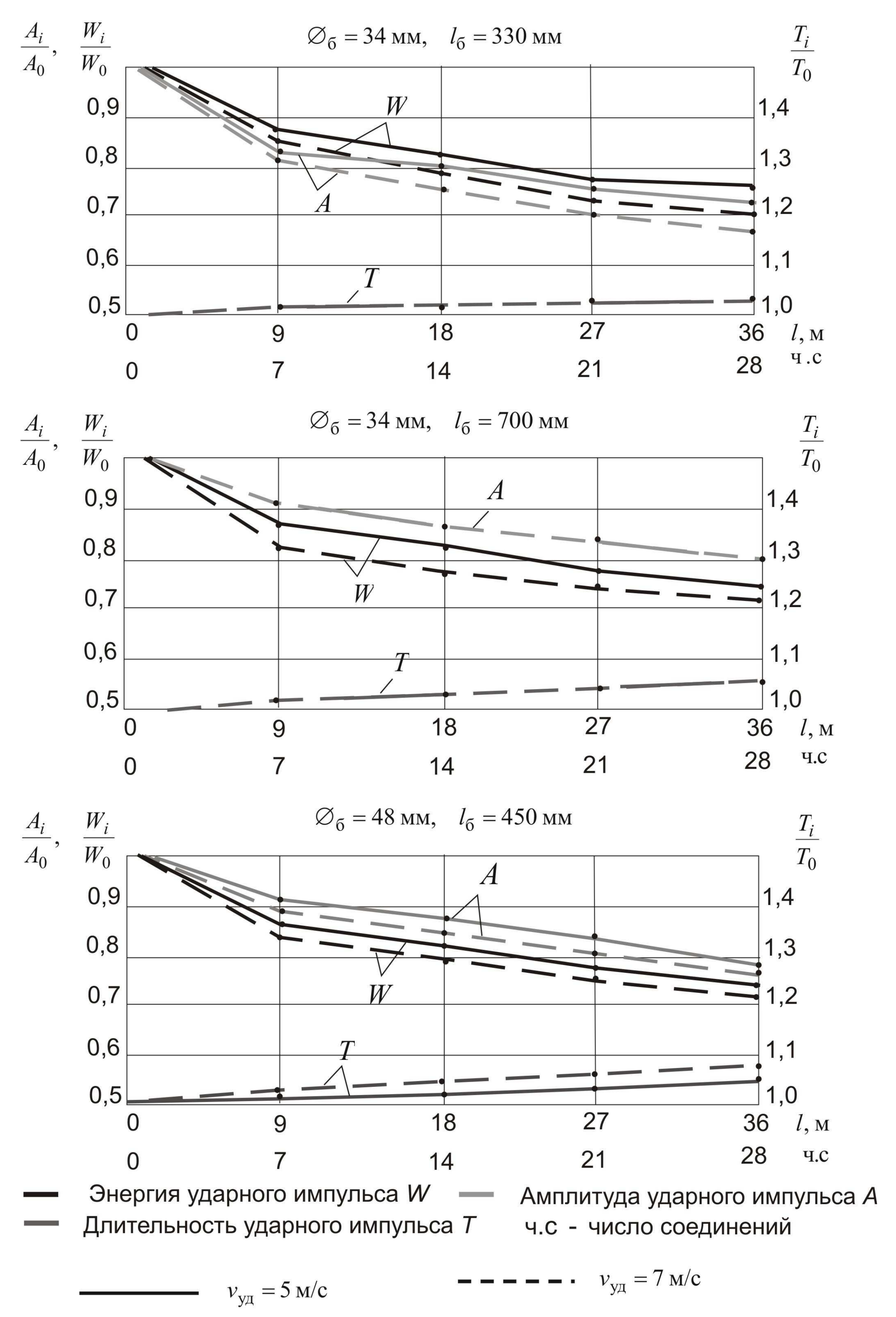


Рис. 2. *Относительное изменение амплитуды A, энергии W, длительности T силового импульса в ставе штанг диаметром 33,5 мм с ниппелями, резьба КП 25×12; A_i, W_i, T_i и A_0, W_0, T_0 – текущие и начальные значения параметров*

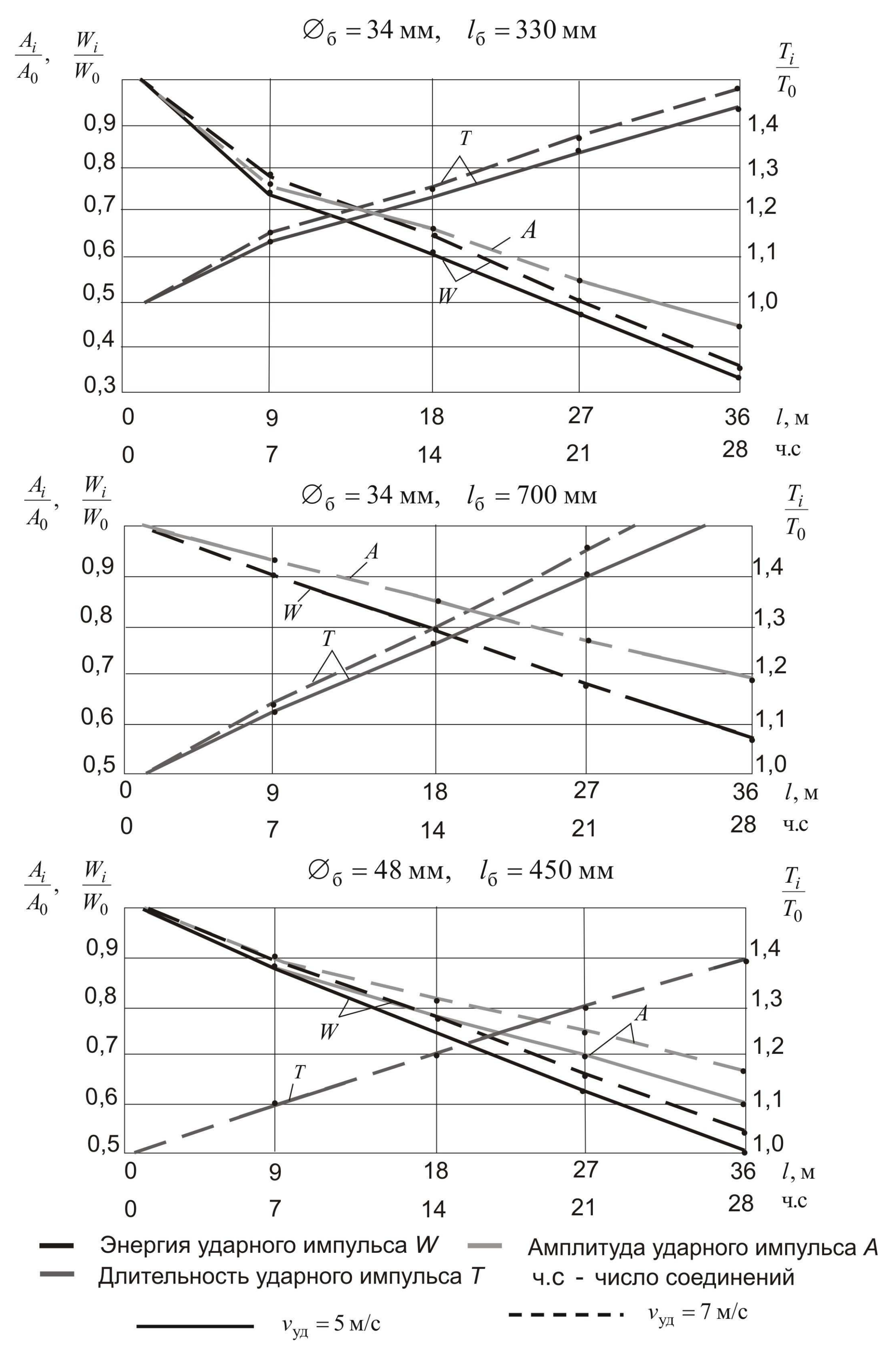


Рис. 3. *Относительное изменение амплитуды A, энергии W, длительности T силового импульса в ставе штанг диаметром 40 мм с муфтами, резьба КП 38×12*

ская область), так и для ударно-вращательного бурения при установке на станок ударного узла.

Предлагаемая конструкция ниппельного става, защищенная в 2005 г патентом РФ, с большим эффектом может использоваться также на других станках (СБУ-50Э, КБУ-80 и КБУ-1), которые имеют достаточно мощные ударные узлы и применяются в настоящее время для бурения подземных скважин малого диаметра [5].

Заключение

1. В результате эксперимента получены графические зависимости, показывающие влияние различных факторов (массы и формы бойка, его предударной скорости, геометрических параметров штанг, а также используемых в производстве конструкций соединений: ниппельного и муфтовых) на процесс передачи энергии силовых импульсов по колонне буровых штанг.
2. Разработанные конструкции ставов штанг позволяют передавать около 70 % энергии ударных импульсов от машин на забой 25...30-метровых скважин.
3. К числу перспективных конструкций соединений буровых штанг можно отнести ниппельное, которое обеспечивает сравнительно высокий коэффициент передачи энергии ударных импульсов, а также значительно лучшую, чем при муфтовых соединениях, промывку нисходящих скважин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алимов О.Д., Манжосов В.К., Еремьянц В.Э. Удар. Распространение волн деформаций в ударных системах. – М.: Наука, 1985. – 357 с.
2. Горбунов В.Ф., Саруев Л.А., Чирьев В.И. и др. О причинах снижения эффективности ударно-поворотного бурения составным буровым ставом // Технический прогресс в машиностроении. – Томск, 1972. – С. 278–281.
3. Иванов К.И., Латышев В.А., Андреев В.Д. Техника бурения при разработке месторождений полезных ископаемых. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1987. – 272 с.
4. Шелковников И.Г. Использование энергии удара в процессах бурения. – М.: Недра, 1977. – 160 с.
5. Климентов М.Н., Федоренко И.Н., Экдышман А.С. Совершенствование техники и технологии бурения скважин ударно-вращательным способом // Горный журнал. – 2004. – № 5. – С. 32–35.

УДК 621.923